

---

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

First Semester Examination  
Academic Session 2015/2016

December 2015 / January 2016

**EEK 470 – POWER DISTRIBUTION SYSTEM**  
**[SiSTEM PENGAGIHAN ELEKTRIK KUASA]**

Duration : 3 hours  
Masa : 3 jam

---

Please check that this examination paper consists of **EIGHTEEN (18)** pages and Appendix **ONE (1)** page of printed material before you begin the examination. This examination paper consist of two versions, The English version and Malay version. The English version from page **TWO (2)** to page **NINE (9)** and Malay version from page **TEN (10)** to page **EIGHTEEN (18)**.

*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LAPAN BELAS (18)** muka surat dan Lampiran **SATU (1)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini. Kertas peperiksaan ini mengandungi dua versi, versi Bahasa Inggeris dan Bahasa Melayu. Versi Bahasa Inggeris daripada muka surat **DUA (2)** sehingga muka surat **SEMBILAN (9)** dan versi Bahasa Melayu daripada muka surat **SEPULUH (10)** sehingga muka surat **LAPAN BELAS (18)**.*

**Instructions:** This question paper consists of **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

**[Arahan:** Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama]

Answer to any question must start on a new page

*[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baharu].*

**“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.**

**[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].**

**ENGLISH VERSION**

1. (a) Define the following terms:

- (i) Diversity factor
- (ii) Coincidence factor
- (iii) Load Diversity

(15 marks)

(b) A primary feeder from a distribution substation supplies power to a small town. The total annual energy supplied to the feeder is 10.5 GWh. It was recorded that the feeder experienced an annual peak load of 3900 kW.

- (i) Calculate the average power demand of the town
- (ii) Calculate the annual load factor
- (iii) Calculate the annual loss factor
- (iv) If the growth rate of the town's power demand is 8% per annum, what will be the annual energy demand after 5 years? (use compound interest equation)

(40 marks)

(c) Table 1 shows the daily load data of a primary feeder. Determine the following:

- (i) The average demand and the maximum demand for each of the load classes
- (ii) The load factor for each of the load classes
- (iii) The class contribution factors for each of the load classes
- (iv) The diversity factor of the load group

...3/-

(v) The coincident factor of the load group

(45 marks)

**Table 1**

Time	Load, kW		
	Residential	Commercial	Street Lighting
12am - 4am	50	80	120
4am - 8am	100	200	60
8am - 12pm	100	400	0
12pm - 4pm	150	400	0
4pm - 8pm	180	500	60
8pm - 12am	200	300	120

2. (a) Draw the one line diagram and explain the following substation bus schemes:

(i) main-and-transfer bus scheme

(ii) breaker-and-a-half scheme

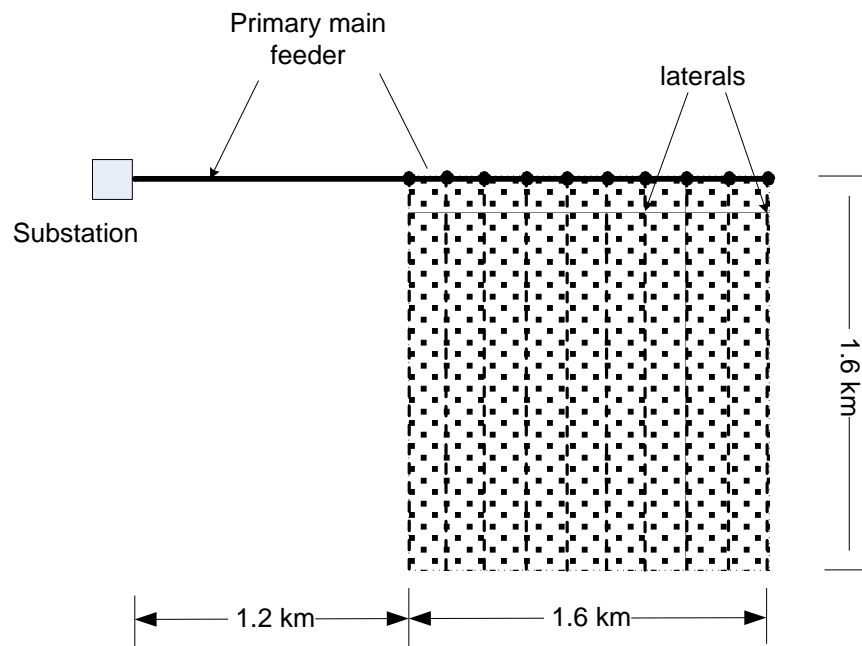
(40 marks)


(b) Consider a square shaped service area as shown in Figure 2.1. The area has a uniform load density of  $1600 \text{ kVA/km}^2$  and 0.9 lagging power factor. A substation supplies 3-phase power with nominal voltage 11.00 kV ( $V_{L-L}$ ) 50 Hz to this area. The primary distribution system consists of an ACSR 37/2.59 main feeder and ten ACSR 7/4.09 laterals. Both the main and laterals are constructed such that the geometric mean distance for the three-phase wire is 0.8m. Assume that the operating temperature of the main and laterals is  $40^\circ\text{C}$  and the laterals are uniformly loaded.

...4/-

- (i) Calculate the K-constants for the main and laterals
- (ii) Determine the maximum percent voltage drop for the service area

(60 marks)



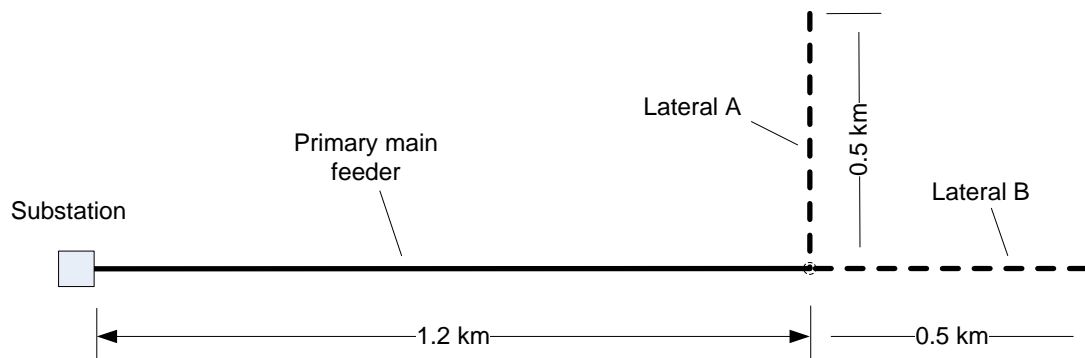
 Area served by the primary main feeder

**Figure 2.1**

3. (a) Figure 3.1 shows the layout of a primary distribution system. The substation supplies 3-phase power with nominal voltage 4.16 kV ( $V_{L-L}$ ) 50 Hz. Lateral A is connected to 86 customers and each customer has a maximum demand of 6 kVA. Lateral B serves 120 customers and each customer has a maximum demand of 8 kVA. Answer the following questions:

...5/-

- (i) Calculate the maximum current in lateral A, lateral B and the main feeder?
  - (ii) For a thermally limited feeder design, determine the suitable ACSR conductor sizes for the primary main, lateral A and lateral B (refer to appendix A for conductors specification)
  - (iii) What are the effects of choosing the wrong conductor size in the design?
- (40 marks)

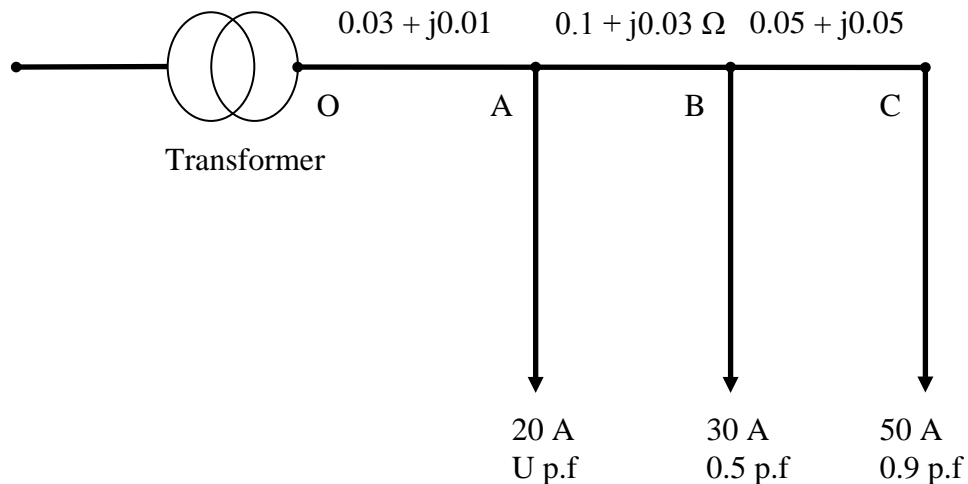


**Figure 3.1**

- (b) Explain the definition of Voltage Square Rule. Using this rule, estimate the increase in the feeder's distance with the same maximum percent voltage drop if the voltage level of the feeder is increased from 11kV to 33kV (assume that the feeder loading is not changed).
- (30 marks)
- (c) Draw the one line diagram of a Secondary Banking System. Explain the advantages and disadvantages of using such system.
- (30 marks)

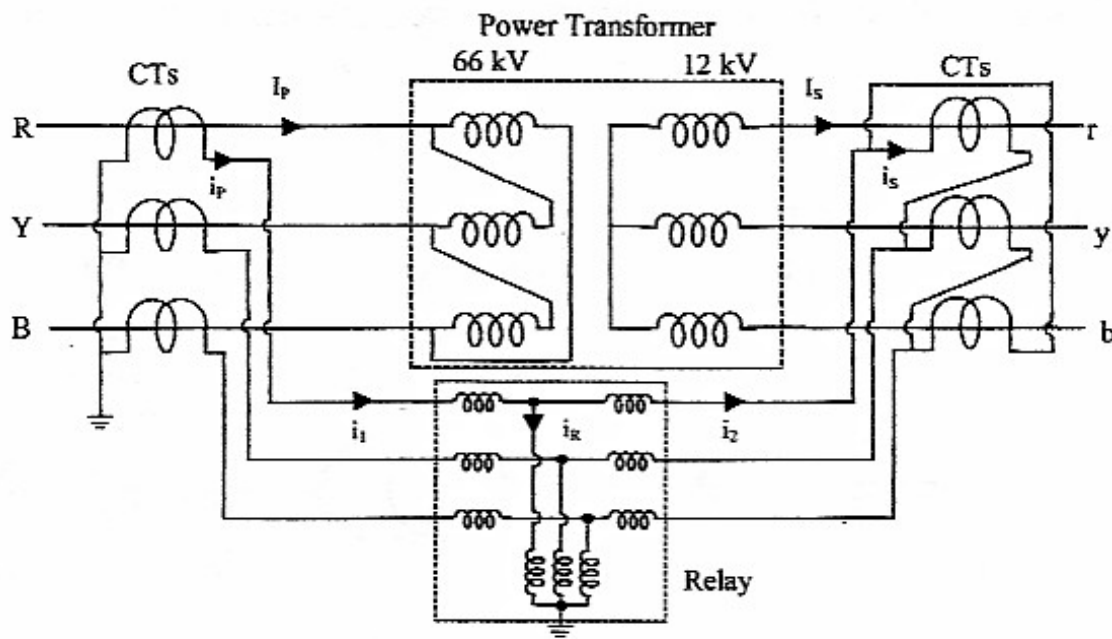
4. A 400 V, 3 phase, power distribution system have loads and is fed from 11 kV/415 V, 3 phase transformer. The per-phase loading of the distribution system is shown in Figure 4.1. Determine:

- (a) voltage drop in each section and voltage at point C per-phase (20 marks)
- (b) active and reactive power of the loads per-phase (20 marks)
- (c) active and reactive line power losses per-phase (20 marks)
- (d) Total active and reactive power supplied by 3-phase transformer (20 marks)
- (e) Total capacity and power factor of 3-phase transformer (20 marks)



**Figure 4.1.** Per-phase loading of power distribution system

5. A 25MVA, 66kV/12kV, delta-star transformer is to be protected by a biased differential protection system as shown in Figure 5.1 The restraint coil of the relay is rated at 5 A, and the relay biased characteristic has a slope of 15%. The impedance of the transformer is 10%.



**Figure 5.1.** Delta-star transformer protected by biased differential protection system

- (a) Determine the suitable current ratios for the protection CTs on both sides of transformer. The nominal operating current of the relay is 5 A.

[The CTs available are 50/5 A, 100/5 A, 250/5 A, 300/5 A, 500/5 A, 700/5 A, 800/5 A, 900/5 A, 1000/5 A, 1500/5 A, 2000/5 A, 2500/5 A and 3000/5 A]

(20 marks)

- (b) Calculate the leakage current in the relay when the transformer is operating at full load.  
(10 marks)
- (c) If the 3 phase fault occurs on the 12 kV side of the transformer outside its zone of protection
- (i) Determine the  $I_p$  and  $I_s$  of the transformer. Ignore the impedance of the cables.  
(20 marks)
- (ii) Determine the operating current and the average restraint current  
(20 marks)
- (iii) Draw the neat sketch of the characteristic curve of this relay and mark the operating point of the relay due to this fault.  
(20 marks)
- (iv) Will the relay operate? Why?  
(10 marks)
6. (a) An induction motor takes 50 kW at 0.76 p.f lagging from a 400 V, 3-phase supply. It is needed to improve the p.f to 0.9. Determine:
- (i) the capacity of capacitor bank needed  
(25 marks)
- (ii) the total power taken and actual p.f after capacitor connection if the capacitor bank in (i) has 5% losses on its capacity.  
(25 marks)



- (b) The method of extinguishing the arc in a MCB and MCCB is the same. Explain those methods with the help of suitable diagram.

(30 marks)

- (c) What are the main difference between MCB and MCCB? Compare those differences

(20 marks)

**VERSI BAHASA MELAYU**

1. (a) Takrifkan terma-terma berikut:

- (i) Faktor Kepekbelagaan
- (ii) Faktor Keserentakan
- (iii) Kepekbelagaan Beban

(15 markah)

(b) Satu penyuar primer dari sebuah pencawang pengagihan membekalkan kuasa kepada satu bandar kecil. Jumlah tenaga tahunan yang dibekalkan oleh penyuar tersebut ialah 10.5 GWh. Catatan rekod menunjukkan bahawa penyuar ini mengalami beban puncak tahunan 3900 kW.

(i) Kirakan permintaan kuasa purata bandar tersebut

(ii) Kirakan faktor beban tahunan

(iii) Kirakan faktor kerugian tahunan

(iv) Jika kadar pertumbuhan permintaan kuasa untuk bandar ini ialah 8% setahun, apakah permintaan tenaga tahunan bandar ini selepas 5 tahun? (gunakan persamaan faedah kompaun)

(40 markah)

(c) Jadual 1 menunjukkan data beban harian bagi satu penyuar primer. Tentukan yang berikut:

(i) Permintaan purata dan maksimum bagi setiap kelas beban

(ii) Faktor beban bagi setiap kelas beban

...11/-

- (iii) Faktor sumbangan bagi setiap kelas beban
- (iv) Faktor kepelbagaian bagi kumpulan beban tersebut
- (v) Faktor keserentakan bagi kumpulan beban tersebut

(45 markah)

**Jadual 1**

Time	Load, kW		
	Residential	Commercial	Street Lighting
12am - 4am	50	80	120
4am - 8am	100	200	60
8am - 12pm	100	400	0
12pm - 4pm	150	400	0
4pm - 8pm	180	500	60
8pm - 12am	200	300	120

2. (a) Lukiskan gambarajah segaris dan terangkan skema bas pencawang berikut:

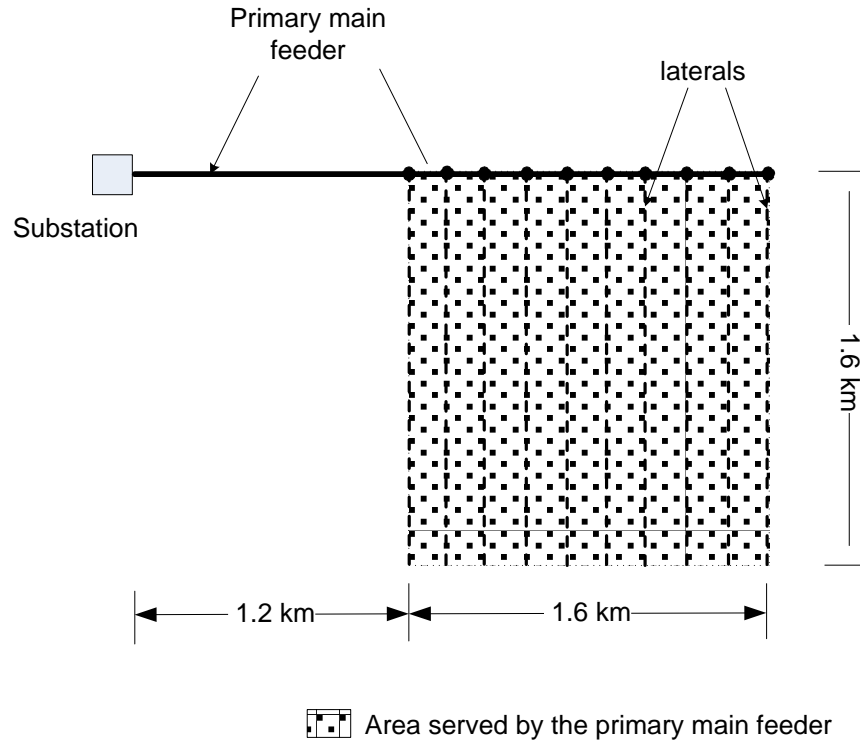
- (i) skema 'main-and-transfer bus'
- (ii) skema 'breaker-and-a-half'

(40 markah)

- (b) Pertimbangkan satu kawasan perkhidmatan berbentuk segiempat seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Kawasan ini mempunyai ketumpatan beban seragam  $1600 \text{ kVA/km}^2$  and faktor beban mengekor 0.9. Satu pencawang membekalkan kuasa 3-fasa dengan voltan nominal 11.00 kV ( $V_{L-L}$ ) 50 Hz ke kawasan tersebut. Sistem pengagihan primer terdiri daripada satu penyuap utama 37/2.59 ACSR dan sepuluh sisi 7/4.09 ACSR. Penyuap utama dan sisi-sisi dibina supaya jarak purata geometri (GMD) untuk wayar tiga fasa adalah 0.8m. Andaikan suhu operasi penyuap utama dan sisi adalah  $40^\circ\text{C}$  dan beban pada sisi-sisi adalah teragih secara seragam.

- (i) Kirakan pemalar-k bagi penyuap utama dan sisi
- (ii) Tentukan peratus kejatuhan voltan maksimum bagi kawasan perkhidmatan ini

(60 markah)

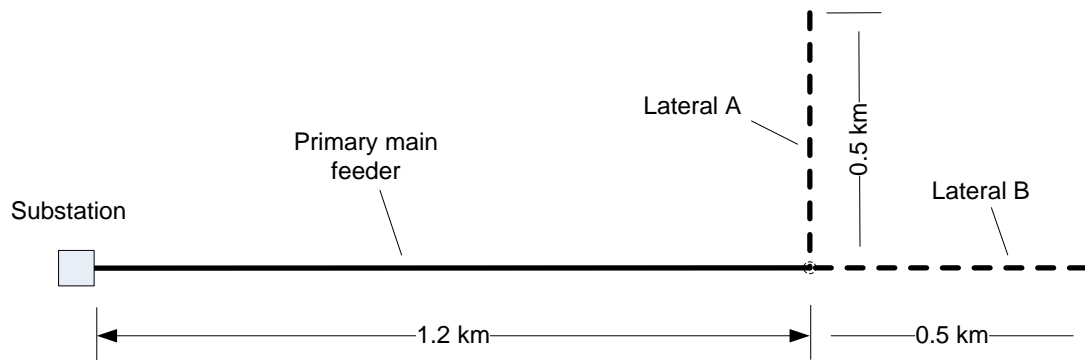


**Rajah 2.1**

3. (a) Rajah 3.1 menunjukkan susun atur satu sistem pengagihan primer. Pencawang itu membekalkan kuasa 3-fasa dengan voltan nominal 4.16 kV ( $V_{L-L}$ ) 50 Hz. Sisi A disambung kepada 86 pelanggan dan setiap pelanggan mempunyai permintaan maksimum 6 kVA. Sisi B membekalkan kuasa kepada 120 pelanggan dan setiap pelanggan mempunyai permintaan maksimum 8 kVA. Jawab soalan-soalan berikut:
- (i) Kirakan arus maksimum pada sisi A, sisi B dan penyuap utama?
- (ii) Bagi rekabentuk penyuap secara 'thermally limited', tentukan saiz konduktor ACSR yang sesuai bagi penyuap utama, sisi A dan sisi B (rujuk lampiran A untuk spesifikasi konduktor)

- (iii) Apakah kesan penggunaan saiz pengalir yang salah dalam rekabentuk tersebut?

(40 markah)



**Rajah 3.1**

- (b) Terangkan definisi 'Voltage Square Rule'. Dengan menggunakan peraturan ini, anggarkan peningkatan dalam jarak penyuar dengan peratus kejatuhan voltan maksimum yang sama jika voltan penyuar ini dinaikkan dari 11 kV to 33 kV (andaikan bebanan penyuar ini tidak berubah).

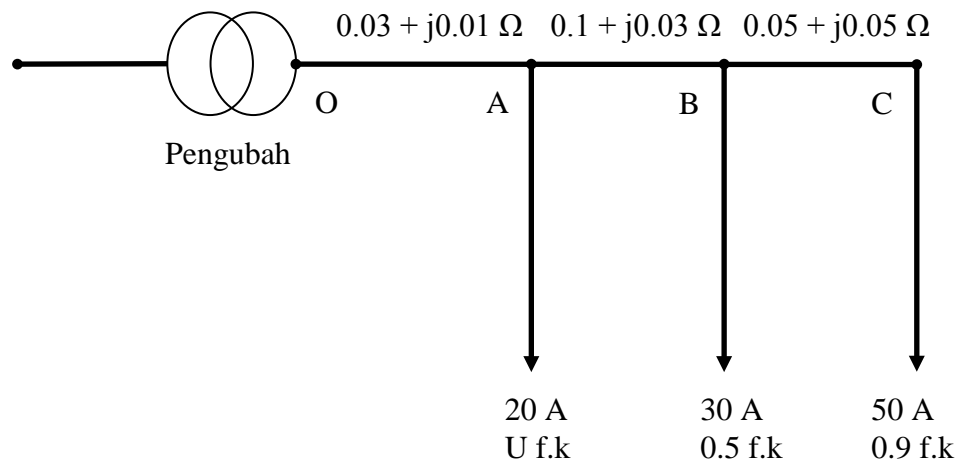
(30 markah)

- (c) Lukiskan gambarajah sebaris untuk satu Sistem Sekunder Perbankan. Terangkan kebaikan dan keburukan menggunakan sistem ini.

(30 markah)

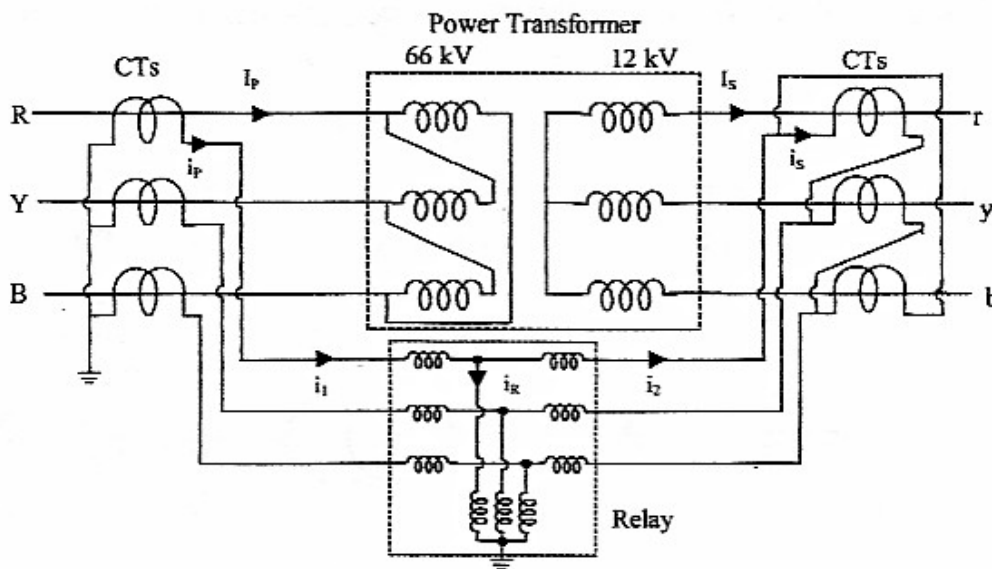
4. Sebuah 400 V, 3 fasa, sistem pengagihan kuasa mempunyai beban dan pemberi suapan oleh 11 kV/415 V, pengubah 3 fasa. Bebanan satu fasa bagi sistem pengagihan kuasa ditunjukkan di dalam Rajah 4.1. Kirakan

- (a) Kejatuhan voltan bagi setiap seksyen dan voltan pada titik C per-fasa. (20 markah)
- (b) Kuasa aktif dan reaktif bagi beban per-fasa. (20 markah)
- (c) Kehilangan kuasa aktif dan reaktif bagi talian per-fasa (20 markah)
- (d) Jumlah kuasa aktif dan reaktif yang dibekalkan oleh pengubah 3-fasa (20 markah)
- (e) Jumlah kapasiti dan faktor kuasa (f.k) pengubah 3-fasa (20 markah)



**Rajah 4.1** Sistem pengagihan kuasa bagi bebanan satu fasa

5. Sebuah pengubah 25MVA, 66kV/12kV, delta-star dilindungi oleh “biased differential protection system” seperti ditunjukkan di dalam Rajah 5.1. Lingkaran pengekanan bagi relay dinilai pada 5 A, dan ciri-ciri bias relay mempunyai cerunan 15%. Galangan pengubah ialah 10%.



**Rajah 5.1** Delta-star transformer protected by biased differential protection system

- (a) Tentukan nisbah arus yg sesuai bagi CT perlindung untuk kedua-dua bahagian pengubah. Arus operasi nominal bagi relay ialah 5 A.  
[CT yang sedia ada adalah 50/5 A, 100/5 A, 250/5 A, 300/5 A, 500/5 A, 700/5 A, 800/5 A, 900/5 A, 1000/5 A, 1500/5 A, 2000/5 A, 2500/5 A and 3000/5 A]
- (b) Kirakan arus bocor dalam geganti apabila pengubah beroperasi pada beban penuh

(10 markah)

...17/-



- (c) Sekiranya kesalahan 3 fasa berlaku pada bahagian 12 kV pengubah, luar daripada zon perlindungan
- (i) Tentukan nilai  $I_p$  dan  $I_s$  bagi pengubah. Abaikan galangan kabel. (20 markah)
  - (ii) Tentukan arus operasi dan purata pengekangan arus (20 markah)
  - (iii) Lukis lakaran kemas bagi ciri-ciri keluk bagi relay ini dan tandakan titik operasi relay disebabkan oleh kesalahan ini (20 markah)
  - (iv) Adakah relay ini akan beroperasi? Kenapa? (10 markah)
6. (a) Sebuah motor aruhan menggunakan 50 kW pada 0.76 faktor kuasa mengekor daripada sebuah bekalan 400 V, 3-phase. Ia adalah satu keperluan untuk meningkatkan faktor kepada 0.9. Kira
- (i) kapasiti bagi bank pemuat yang diperlukan (25 markah)
  - (ii) jumlah kuasa digunakan dan faktor kuasa sebenar setelah penyambungan pemuat dilakukan jika bank pemuat dalam (i) mempunyai kehilangan kapasiti sebanyak 5%. (25 markah)

- (b) Cara arka dipadamkan di dalam MCB dan MCCB adalah sama. Terangkan cara tersebut dengan bantuan gambarajah yang sesuai.

(30 markah)

- (c) Apakah perbezaan utama di antara MCB and MCCB? Bandingkan perbezaan tersebut.

(20 markah)

**Appendix A: Characteristics of ACSR conductor**

<i>TYPE</i>	<i>CONDUCTOR</i> <i>AREA</i> (mm <sup>2</sup> )	<i>APPROXIMATE</i> <i>DIAMETER</i> (mm)	<i>RESISTANCE</i> <i>AT 20°C</i> (Ω/km)	<i>MAX LOAD</i> <i>(BREAKING)</i> (kN)	<i>CURRENT</i> <i>CARRYING</i> <i>CAPACITY (A)</i>
ACSR 7/2.11	20	6.33	1.40	7.61	105
ACSR 7/3.55	50	10.05	0.55	18.25	193
ACSR 7/4.09	80	12.27	0.371	27.00	250
ACSR 7/4.72	100	14.15	0.280	34.40	300
ACSR 37/2.59	150	18.13	0.180	67.30	400

Calculate resistance at other temperatures using the following equation:

$$R_T = R_{20} [1 + 0.00403(T - 20)]$$

Calculate resistance at other temperatures using the following equation:

$$R_T = R_{20} [1 + 0.00403(T - 20)]$$